



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07201726 A**(43) Date of publication of application: **04 . 08 . 95**

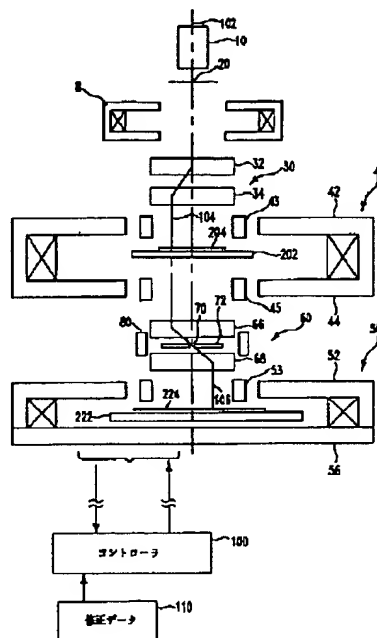
(51) Int. Cl.

H01L 21/027**G03F 7/20****G03F 7/20**(21) Application number: **06257155**(22) Date of filing: **21 . 10 . 94**(30) Priority: **23 . 12 . 93 US 93 173305**(71) Applicant: **INTERNATL BUSINESS MACH
CORP <IBM>**(72) Inventor: **PFEIFFER HANS C
STICKEL WERNER****(54) ELECTRON BEAM SYSTEM****(57) Abstract:**

PURPOSE: To provide an electron beam system which has high throughput via a parallel processing of the order of 10^8 pixels per subfield.

CONSTITUTION: This electron beam system is for direct drawing application, wherein the parallel pixel processing capability of a projection system and the suturing capability of a probe-type figuration beam system are combined and consists of an electron gun 10 which performs uniform irradiation with a starting aperture 20, a condenser lens 8 which forms an intermediate image of the aperture, and 1st deflectors 32 and 34 which scan a reticle 204 with a beam in parallel with a system axis 102. Furthermore, the system is equipped with a 1st variable axis lens 40 which forms an image of the starting aperture on the reticle and collimates the patterned beam, 2nd deflectors 66 and 68 which put the beam back to a proper position, a 2nd variable axis lens 50 for forming an image of a reticle subfield on a wafer, and a correction element 80 for applying different aberration correction by subfields.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



特開平7-201726

(43) 公開日 平成7年(1995)8月4日

(51) IntCl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 F 7/20	5 0 4			
	5 2 1			
		H 0 1 L 21/ 30	5 4 1 R	

審査請求 有 請求項の数25 OL (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平6-257155

(22) 出願日 平成6年(1994)10月21日

(31) 優先権主張番号 1 7 3 3 0 5

(32) 優先日 1993年12月23日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 ハンス・クリスチャン・ファイファ

アメリカ合衆国06877コネチカット州リッ
ジフィールド、ケッチャム・ロード 25

(74) 代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

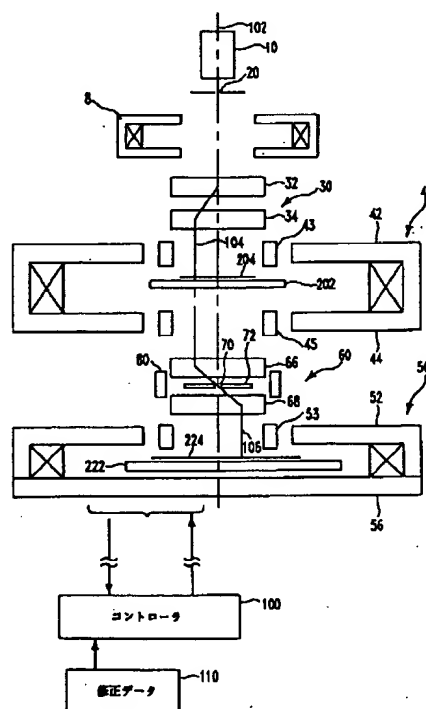
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子ビーム・システム

(57) 【要約】

【目的】サブフィールドにつき10⁵個というオーダーのピクセルの並列処理によって高いスループットを実現する電子ビーム・システムを提供する。

【構成】本発明は、投射システムの並列ピクセル処理能力と探針形成ビーム・システムの縫合能力とを組合せる直接描画応用のための電子ビーム・システムであり、このシステムは、最初のアパチャ20を均一的に照射する電子銃10と、アパチャの中間像を生成するコンデンサ・レンズ8と、システム軸102に平行にレチクル204上でビームを走査する第1のデフレクタ32、34と、レチクルにおいて最初のアパチャの像を形成すると共に、パターン化されたビームをコリメートする第1の変軸レンズ40と、ビームを適当な位置に戻す第2のデフレクタ66、68と、ウェーハ上にレチクル・サブフィールドの像を形成する第2の変軸軸レンズ50と、各サブフィールド毎に異なる収差修正を適用する修正エレメント80を含む。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レチクルのパターンをウェーハに描画するための電子ビーム・システムであって、

電子ビーム源と、

システム軸に沿いかつ照射アパチャを通して電子ビームを加速する手段と、

第1の焦点距離を持ち、上記システム軸に沿って配置され、第1の磁気的対称軸を持ち、上記照射アパチャから出る上記電子ビームに作用を与えるため上記電子ビームをインターセプトする第1の磁気的集束手段と、

上記第1の磁気的集束手段とレチクルの間に上記システム軸に沿って配置され、上記電子ビームが上記システム軸に平行なレチクル軸に沿って進み、上記レチクルの第n番目のサブフィールドと交差するように、上記電子ビームを変位させる第1と第2の偏向手段と、

第2の焦点距離を持ち、上記第1の磁気的集束手段と上記レチクルとの間で上記システム軸に沿って配置され、第2の磁気的対称軸を持ち、上記電子ビームをインターセプトする第2の磁気的集束手段の第1の部分と、

を備え持ち、
上記第1の磁気的集束手段と上記第2の磁気的集束手段の上記第1の部分が連係して上記変位された電子ビームを集束させて、上記照射アパチャの像を上記レチクル上に形成し、上記照射アパチャの上記像が、サブフィールド分離距離だけ互いに離れて位置する上記レチクルの複数の非連続的サブフィールドの第n番目のレチクル・サブフィールドを含み、上記第n番目のサブフィールドが、上記レチクル軸をインターセプトし、少くとも10個のピクセルを含み、それによって、上記第n番目のサブフィールドの上記ピクセルのすべてが、同時に上記ビームにさらされ、上記第2の磁気的集束手段が、上記サブフィールドからの上記電子ビームに作用を与えるため上記レチクルと上記ウェーハの間で上記システム軸に沿って配置された第2の部分の有し、

更に、上記システム軸に沿って配置され、上記レチクル軸に沿って進む第2の磁気的集束手段からの上記電子ビームをインターセプトして、上記システム軸の方向にかつ上記システム軸上の旋回点を通して上記電子ビームを偏向させる第3の偏向手段と、

上記システム軸に沿って配置され、上記電子ビームをインターセプトして、上記システム軸に平行なウェーハ軸方向へかつ上記レチクル軸から見てシステム軸上の反対側に、上記第3の偏向手段からの上記電子ビームを偏向させる第4の偏向手段と、

上記システム軸に沿って配置され、第3の磁気的対称軸を持ち、上記第4の偏向手段からの上記電子ビームをインターセプトする第3の磁気的集束手段と、
を備え持ち、

上記第3の磁気的集束手段が、上記第2の磁気的集束手段の上記第2の部分と連係して、上記電子ビームによ

て運ばれる上記レチクル・サブフィールドの像を、ウェーハ上の複数のN個の連続的ウェーハ・サブフィールドの中の対応する第n番目のウェーハ・サブフィールド上に合焦させ、上記第2と第3の磁気的集束手段の各々が、上記磁気的集束手段の磁界が上記レチクル軸と上記ウェーハ軸とに実質的に平行でかつ対称的になるように、

上記磁気的集束手段の磁界を変換するための磁気的軸シフト手段を含み、それにより、上記第2の磁気的対称軸が上記レチクル軸と一致し、上記第3の磁気的対称軸が上記ウェーハ軸と一致し、

更に、上記電子ビーム源と上記第2の磁気的集束手段と上記第3の磁気的集束手段とに接続され、電子ビームの持続時間と、上記第1、第2、第3および第4のビーム偏向手段と、上記第2および第3の磁気的集束手段ならびに上記磁気的軸シフト手段の磁界とを制御するコントローラ、

を備え持つ電子ビーム・システム。

【請求項2】 上記旋回点を含むアパチャを有するブロック・プレートが上記システム軸上に配置され、軸外電子が上記ブロック・プレートによって阻止されることを特徴とする、請求項1記載のシステム。

【請求項3】 少くとも1つの修正素子が、上記旋回点の付近に配置されることを特徴とする、請求項2記載のシステム。

【請求項4】 上記少くとも1つの修正素子が、少くとも2つの4極電磁石と1つの6極電磁石を含むことを特徴とする、請求項3記載のシステム。

【請求項5】 上記第2と第3の磁気的集束手段が、連係して、上記レチクルと上記ウェーハの間のビーム経路に沿った軸方向磁界成分の総和が実質的にゼロであるような大きさや極性を持った、上記システム軸に平行な軸方向磁界成分を生成することを特徴とする、請求項1記載のシステム。

【請求項6】 上記旋回点を含むアパチャを有するブロック・プレートが上記システム軸上に配置され、軸外電子が上記ブロック・プレートによって阻止されることを特徴とする、

請求項5記載のシステム。

【請求項7】 少くとも1つの修正素子が、上記旋回点の付近に配置されることを特徴とする、

請求項6記載のシステム。

【請求項8】 上記少くとも1つの修正素子が、多極電磁石を含むことを特徴とする、

請求項7記載のシステム。

【請求項9】 上記レチクルと上記ウェーハの間で上記システム軸に沿って配置されたブロック・プレート中に、上記システム軸と整列してアパチャが形成され、少くとも1つの検出器が上記アパチャの付近に配置され、初期ビーム・パルスの上に上記少なくとも1つの検出器

によって検知される電荷量にตอบสนองして、上記システム軸に沿って配置されたビーム修正手段に、上記電荷量に応じた修正信号を送り、上記修正信号に応じて上記ビームを変える信号比較手段を含むことを特徴とする、請求項1記載のシステム。

【請求項10】 上記少なくとも1つの検出器が、上記ブロック・プレートを含み、上記ビーム修正手段が、上記修正信号にตอบสนองするビーム集束修正手段を含むことを特徴とする、

請求項9記載のシステム。

【請求項11】 上記レチクルと上記ウェーハの間で上記システム軸に沿って配置されたブロック・プレート中に、上記システム軸と整列してアパチャが形成され、少なくとも1つの検出器が上記アパチャの付近に配置され、初期ビーム・パルスの上に上記少なくとも1つの検出器によって検知される電荷量にตอบสนองして、上記システム軸に沿って配置されたビーム修正手段に、上記電荷量に応じた修正信号を送り、上記修正信号に応じて上記ビームを変える信号比較手段を含むことを特徴とする、請求項1記載のシステム。

【請求項12】 レチクルのパターンをウェーハに描画するための電子ビーム・システムであって、電子ビーム源と、

システム軸に沿いかつ照射アパチャを通して電子ビームを加速する手段と、第1の焦点距離を持ち、上記システム軸に沿って配置され、第1の磁気的対称軸を持ち、上記照射アパチャの像をレチクル上に形成するように上記電子ビームを集束させるため上記電子ビームをインターセプトする第1の磁気的集束手段と、

を備え持ち、上記照射アパチャの上記像が、サブフィールド分離距離だけ互いに離れて位置する上記レチクルの複数の非連続的サブフィールドの第n番目のレチクル・サブフィールドを含み、上記第n番目のサブフィールドが、上記レチクル軸をインターセプトし、少なくとも10⁴個のピクセルを含み、それによって、上記第n番目のサブフィールドの上記ピクセルのすべてが、同時に上記ビームにさらされるように構成され、

更に、上記第1の磁気的集束手段と上記レチクルの間に上記システム軸に沿って配置され、上記電子ビームが上記システム軸に平行なレチクル軸に沿って進み、上記レチクルの第n番目のサブフィールドと交差するように、上記電子ビームを変位させる第1と第2の偏向手段と、第2の焦点距離を持ち、上記システム軸に沿って配置され、第2の磁気的対称軸を持ち、上記サブフィールドからの上記電子ビームをインターセプトする第2の磁気的集束手段と、

上記システム軸に沿って配置され、上記レチクル軸に沿って進む上記電子ビームをインターセプトして、上記システム軸の方向にかつ上記システム軸上の旋回点を通

て上記電子ビームを偏向させる第3の偏向手段と、上記システム軸に沿って配置され、上記電子ビームをインターセプトして、上記システム軸に平行なウェーハ軸方向へかつ上記レチクル軸から見て上記システム軸上の反対側に、上記電子ビームを偏向させる第4の偏向手段と、

第3の焦点距離を持ち、上記システム軸に沿って配置され、第3の磁気的対称軸を持ち、上記電子ビームをインターセプトして、上記電子ビームによって運ばれる上記レチクル・サブフィールドの像を、ウェーハ上の複数のN個の連続的ウェーハ・サブフィールドの中の対応する第n番目のウェーハ・サブフィールド上に合焦させる第3の磁気的集束手段と、

を備え持ち、

上記第2と第3の磁気的集束手段の各々が、上記磁気的集束手段の磁界が上記レチクル軸と上記ウェーハ軸とに実質的に平行でかつ対称的になるように、上記磁気的集束手段の磁界を変換するための磁気的軸シフト手段を含み、それにより、上記第2の磁気的対称軸が上記レチクル軸と一致し、上記第3の磁気的対称軸が上記ウェーハ軸と一致し、

更に、上記電子ビーム源と上記第2の磁気的集束手段と上記第3の磁気的集束手段とに接続され、電子ビームの持続時間と、上記第1、第2、第3および第4のビーム偏向手段と、上記第2および第3の磁気的集束手段ならびに上記磁気的軸シフト手段の磁界とを制御するコントローラ、

を備え持つ電子ビーム・システム。
【請求項13】 上記旋回点を含むアパチャを有するブロック・プレートが上記システム軸上に配置され、軸外電子が上記ブロック・プレートによって阻止されることを特徴とする、請求項12記載のシステム。

【請求項14】 少なくとも1つの修正素子が、上記旋回点の付近に配置されることを特徴とする、

請求項13記載のシステム。

【請求項15】 上記少なくとも1つの修正素子が、多極電磁石を含むことを特徴とする、請求項14記載のシステム。

【請求項16】 少なくとも1つの修正素子が、上記旋回点の付近に配置され、上記レチクルが、そのブロック部分に入射する電子を吸収するに十分な厚みを持ったステンシル・レチクルであることを特徴とする、

請求項12記載のシステム。

【請求項17】 上記少なくとも1つの修正素子が、多極電磁石を含むことを特徴とする、

請求項16記載のシステム。

【請求項18】 上記レチクルと上記ウェーハの間で上記システム軸に沿って配置されたブロック・プレート中に、上記システム軸と整列してアパチャが形成され、少

10

20

30

40

50

くとも1つの検出器が上記アパチャの付近に配置され、初期ビーム・パルスの上に上記少なくとも1つの検出器によって検知される電荷量に応答して、上記システム軸に沿って配置されたビーム修正手段に、上記電荷量に応じた修正信号を送り、上記修正信号に応じて上記ビームを変える信号比較手段を含むことを特徴とする、

請求項12記載のシステム。

【請求項19】 上記少なくとも1つの検出器が、上記ブロック・プレートを含み、上記ビーム修正手段が、上記修正信号に応答するビーム集束修正手段を含むことを特徴とする、

請求項18記載のシステム。

【請求項20】 レチクルのパターンをウェーハに描画するための電子ビーム・システムであって、

電子ビーム源と、

システム軸に沿いかつ照射アパチャを通して電子ビームを加速する手段と、

第1の焦点距離を持ち、上記システム軸に沿って配置され、第1の磁気的対称軸を持ち、上記照射アパチャから出る上記電子ビームに作用を与えるため上記電子ビームをインターセプトする第1の磁気的集束手段と、

上記電子ビームが上記システム軸に平行なレチクル軸に沿って進み、上記レチクルの第n番目のサブフィールドと交差するように、上記電子ビームを変位させる第1と第2の偏向手段と、

第2の焦点距離を持ち、VALからなり、上記第1の磁気的集束手段と上記レチクルとの間で上記システム軸に沿って配置され、第2の磁気的対称軸を持ち、上記第2の偏向手段からの上記電子ビームをインターセプトする第2の磁気的集束手段と、

を備え持ち、

上記第1の磁気的集束手段と上記第2の磁気的集束手段が連係して上記変位された電子ビームを集束させて、上記照射アパチャの像を上記レチクル上に形成し、上記照射アパチャの上記像が、サブフィールド分離距離だけ互いに離れて位置する上記レチクルの複数の非連続的サブフィールドの第n番目のレチクル・サブフィールドを含み、上記第n番目のサブフィールドが、上記レチクル軸をインターセプトし、少なくとも10'個のピクセルを含み、それによって、上記第n番目のサブフィールドの上記ピクセルのすべてが、同時に上記ビームにさらされ、更に、VALからなり、第3の焦点距離を持ち、上記レチクルと上記ウェーハの間で上記システム軸に沿って配置され、第3の磁気的対称軸を持ち、上記レチクルからの上記電子ビームをインターセプトして上記電子ビームに作用を与える第3の磁気的集束手段と、

上記システム軸に沿って配置され、上記レチクル軸に沿って進む上記電子ビームをインターセプトして、上記システム軸の方向にかつ上記システム軸上の旋回点を通して上記電子ビームを偏向させる第3の偏向手段と、

上記システム軸に沿って配置され、上記電子ビームをインターセプトして、上記システム軸に平行なウェーハ軸方向へかつ上記レチクル軸から見てシステム軸上の反対側に、上記電子ビームを偏向させる第4の偏向手段と、上記システム軸に沿って配置され、第4の磁気的対称軸を持ち、上記電子ビームをインターセプトして、上記電子ビームによって運ばれる上記レチクル・サブフィールドの像を、ウェーハ上の複数のN個の連続的ウェーハ・サブフィールドの中の対応する第n番目のウェーハ・サブフィールド上に合焦させる第4の磁気的集束手段と、を備え持ち、

上記第2と第3と第4の磁気的集束手段の各々が、上記磁気的集束手段の磁界が上記レチクル軸と上記ウェーハ軸とに平行でかつ対称的になるように、上記磁気的集束手段の磁界を変換するための磁気的軸シフト手段を含み、それにより、上記第2の磁気的対称軸が上記レチクル軸と一致し、上記第4の磁気的対称軸が上記ウェーハ軸と一致し、

更に、上記電子ビーム源と上記第2の磁気的集束手段と上記第3の磁気的集束手段と上記第4の磁気的集束手段とに接続され、電子ビームの持続時間と、上記第1、第2、第3および第4のビーム偏向手段と、上記第2および第3の磁気的集束手段ならびに上記磁気的軸シフト手段の磁界とを制御するコントローラ、を備え持つ電子ビーム・システム。

【請求項21】 上記旋回点を含むアパチャを有するブロック・プレートが上記システム軸上に配置され、軸外電子が上記ブロック・プレートによって阻止されることを特徴とする、

請求項20記載のシステム。

【請求項22】 少なくとも1つの修正素子が、上記旋回点の付近に配置されることを特徴とする、

請求項20記載のシステム。

【請求項23】 上記少なくとも1つの修正素子が、多極電磁石を含むことを特徴とする、

請求項22記載のシステム。

【請求項24】 少なくとも1つの修正素子が、上記旋回点の付近に配置され、上記レチクルが、そのブロック部分に入射する電子を吸収するに十分な厚みを持ったステンシル・レチクルであることを特徴とする、

請求項20記載のシステム。

【請求項25】 上記レチクルと上記ウェーハの間で上記システム軸に沿って配置されたブロック・プレート中に、上記システム軸と整列してアパチャが形成され、少なくとも1つの検出器が上記アパチャの付近に配置され、初期ビーム・パルスの上に上記少なくとも1つの検出器によって検知される電荷量に応答して、上記システム軸に沿って配置されたビーム修正手段に、上記電荷量に応じた修正信号を送り、上記修正信号に応じて上記ビームを変える信号比較手段を含むことを特徴とする、

請求項20記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レチクルのパターンを集積回路ウェーハ上に形成するための直接描画電子ビーム・システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】古典的な電子ビーム・システムは、「探針形成型(probe-forming)」システムであって、このシステムでは、電子ビーム源の像であり、ガウス分布を持つ狭いビームが、一度に「ピクセル」に等しい量分だけウェーハまたはその他の対象物上で走査される。ここで、ピクセルは、高さが強度分布の半分で、幅がその全幅の領域として定義されている。このような「ガウス型」システムは、最も高い空間解像度を持つが、パターンの露出が逐次的に1度に1ピクセルしか走査できないため、すべての探針形成システムの中でスループットは最も低い。しかし、これらシステムは、ピクセル毎に修正を動的に適用して、電子レンズの収差とシステム中の偏向装置を補正することができるという利点を持っている。

【0003】回路の線幅と等しくなるようにサイズが調整可能な、より大きい点(スポット)をウェーハ上に作製することによって、スループットの向上を図ることができる。もっと効率的なものとして、例えば、より高いスループット・システムは、電子ビーム源それ自体でなく、電子ビーム源によって照射されたアパチャまたは他のオブジェクトの像を生成することによってウェーハ上に形成される成形スポットを使用する。この場合、像は、並列的に数百のピクセルを投射する直列露出によって構成要素フィーチャ・パターンを構成できるように電子的にサイズ可変である。その1例が、米国特許第4,243,866号で開示されている。

【0004】並列的にすべてのピクセルを投射する投射システムによって、最も高いスループットが得られる。古典的な電子ビーム投射システムは、光学投射システムでモデル化される。予見できる将来において、チップのサイズは、およそ17mm×35mmとなり、従って、レチクルのサイズは、典型的な4:1縮小比率で、70mm×140mmとなるであろう。現在の技術では、0.25μmの臨界寸法に対応している公称デバイス・グラウンドルールにおいて許容できる信頼度を持つ上記サイズのレチクルをカバーする電子レンズを生産することはできない。

【0005】電子ビーム・システムが光学およびX線システムに打ち勝つためには、スループットは、必須である。従って、マスク投射は、ウェーハ露出に有効な技法である。もちろん、高いスループットに対する主要必要条件は、高強度ビームである。しかし、高パワーは、レチクルに対する高い熱負荷を意味し、レチクルの耐え

られない歪みを生じることになる。

【0006】投射システムのレチクルの熱歪みを最小にする代替アプローチとして、吸収レチクルに代わって、散乱レチクルを使用する方法が、S.D. Berger および J.M. Gibson 著, APPL. PHYS. LETTERS 57 (2) (1990) 153 において記載されている。散乱レチクルは、ウェーハの上方にあって、一層大きい散乱角を持つ散乱放射を吸収して散乱コントラストをウェーハ上の強度コントラストに変換するアパチャを必要とする。

【0007】探針形成システムに比較しての全フィールド投射システムの基本的欠点は、レチクル、電子ビーム・システムまたはウェーハの不完全性のため、チップまたは露出フィールドの収差(像のぼけや歪みなど)を動的に修正することができないことである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】かくして、従来技術は、正確度とスループットの間の許容できる均衡点を与える電子ビーム・システムを追求してきたが、本発明はこのような要望に応えうる電子ビーム・システムを提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、投射システムの並列ピクセル処理能力と探針形成システムの縫合能力とを組み合わせる直接描画応用のための電子ビーム・システムに関するものであり、このシステムは、最初のアパチャを均一的に照射する電子銃と、アパチャの中間像を生成するコンデンサ・レンズと、システム軸に平行にレチクル上でビームを走査する制御可能なデフレクタの第1のセットと、レチクルにおいて最初のアパチャの像を形成すると共に、パターン化されたビームをコリメートする第1の変軸レンズと、ウェーハ上の適切な位置にビームを戻す制御可能なデフレクタの第2のセットと、ウェーハ上にレチクル・サブフィールドの像を形成する第2の変軸レンズと、各サブフィールド毎に異なる収差修正を適用する修正エレメントとを含む。

【0010】かくして、当システムは、サブフィールドにつき少なくとも10⁴個、好適には、10⁴個のオーダーのピクセル(ピクセルは1辺が0.1μm程度である)の並列処理によって高いスループットを実現し、可変軸レンズの低い収差の特徴と、ピクセル毎に像を縫合する探針形成システムに関連した位置依存的修正を適用する能力とを効果的に利用する。本発明の特徴は、様々なエラーを補正するため各サブフィールド上で動的に修正を行うことができる能力である。

【0011】

【実施例】図1は、部分的に図解的であり、部分的に線図表示の、本発明で使用される電子ビーム・システムを表す図である。図面の最上部にある電子銃源10は、本例では1平方mmの公称寸法を持つ照射アパチャ20を通過して、システム軸102に沿ってZ軸方向に下方に、

100 KeVの公称エネルギーで、発散電子ビームを放射する。アパチャの寸法は、ウェーハ上のサブフィールドにわたる強度変動が許容できる限度内でこのアパチャを通る電子分布が均一になるように選ばれる。均一性の限界は、典型的には、電子ビーム・システムに関して2%である。アパチャ20を通り抜けた後、ビームは、コンデンサ・レンズとして動作する従来型磁気レンズ8によってコリメートされる(平行にされる)。

【0012】非常に大きいフィールドを必要とするシステム要求を満たすため、ビームは、レチクル204の表面を横切って順番に走査される。X軸方向に(図面の左右に)またはY軸方向に(図面の前後に)あるいはその両方向にZ軸に交差してビームを偏向させる能力を持つ従来技術の偏向手段32と34によってビームは偏向させられる。ビームは、上方42および下方極片44を持つ第1の変軸レンズ40を介して、第2の軸104に沿って下方へ進む。(便宜上レチクルの第n番目のサブフィールドにおけるビーム軸を「レチクル軸」と呼ぶ)。

【0013】(一般的に軸シフト手段と呼ばれる)軸シフト偏向ヨーク43と45は、これらのヨークの磁界を、極片42と44の間に生成されるレンズ磁界に畳重し、このため、組合された磁界は米国特許第4,376,249号の中で教示されているように、ビームより大きい区域で、軸104に関してX-Y面に対称となる。このような構成をとることによって、レンズによって引き起こされる軸外収差は大幅に減少し、そのため、10mmを越えることもある大きさの走査フィールドの使用が可能となる。レンズの光軸が制御可能にシフトされるので、このタイプのレンズは、変軸レンズ(VAL)と呼ばれる。変軸レンズの使用は、レチクルとウェーハ領域の高解像度電子走査を提供するが、この走査は、チップ全体の領域をカバーすることが必要とされる場合には、ウェーハとレチクルの機械的走査と組合わせて用いられる。

【0014】ビーム104は、レンズ40の上方部分によって、レチクル204上へ焦点を合わせられ、これによって、レチクル・サブフィールドと寸法的に一致するアパチャ20の像をレチクル上に作成する。ビーム104は、レチクルの第n番目のサブフィールドに突き当たり、極片44の孔を通してZ軸に沿って通過する。ビームがレチクルを通り抜けると、ビームはサブフィールドに含まれる情報に応じてパターン付けられる。従来の吸収レチクルの場合、ビームは、本質的には、厚い不透明な領域で吸収され、透明領域では干渉されることなく通過する。リング型(「ドーナツ型」)パターンは、H. Bohlen他がSolid state technology, Sept(1984)210頁で記述しているように、要求された構成素子フィーチャ・パターンを組み立てる相補形レチクルの重ね合わせ位置(スーパー・ポジション)で逐次露出される。

【0015】レンズ40の下方部分は、再び、本例でのビームをコリメートして、デフレクタ66と共に、以下に記述するようにいくつかの機能を実行するコントラスト・アパチャ70にビームを導く。好ましくは、ビームは、レンズ40とレンズ50の間の空間で、電子間の干渉を減らすため、コリメートされる。ビームに「作用を与える」という用語は、コリメートすること、合焦することおよび焦点外れにすることを包含して使われる。

【0016】レンズ40の上方部分を含む先行レンズと連係して、レンズ40の下方部分は、レチクルの像をコリメートすると共に、電子銃源10の像をブロック(阻止)プレート72のアパチャ70に合焦させる。当業者は、この要求事項によって課せられる制約または構成素子の位置および焦点距離を容易に理解するであろう。ブロック・プレート72のアパチャ70はレチクル結像系の入射瞳と一致する。

【0017】ウェーハ上のサブフィールドのイメージが、フル・チップ投影システムが置く位置から変換され得るということは、本発明の利点である。かくして、レチクルのサブフィールドは、システムによって互いに本質的に独立してウェーハに投影されることができる。したがって、システムが露出の前および露出中でさえ各サブフィールドの位置に関する小さい修正を行うことができるので、正確度と安定度に関してレチクルに置かれるべき要求事項を劇的に減らすことができる。加えて、レチクルは、電子光学的に残存する歪みを補正するように予め歪みを与えられたフィーチャ・パターンを持つことができる。

【0018】更に、修正をサブフィールド単位で加えることができるため(探針形成システムの主な利点であるが)、全チップ領域にわたってレチクル・パターンが連続しなければならない必要性が排除される。従って、S. D. Berger他がJ. Vac. Sci. & Technol. B 9 (6) (1991) 2996頁で、または、J. A. Liddle他が同誌の3000頁で示しているように、サブフィールドが物理的に切り離され、そして、レチクルを支え、レチクルによって吸収された熱の歪み効果に抵抗するため補強支柱が使われる一層強度のあるレチクルを使用することができる。ウェーハ上のサブフィールドは、それらが連続するように、システムの縫合能力を用いて、X-Y面で位置を調節される。もちろん、この縫合は完全でなく、そのような分離されたサブフィールド・システムは、隣接のサブフィールドの像をウェーハ上で結合するという固有の問題を持つ。

【0019】デフレクタ66と68は、レチクル204の上で行われたものと逆の変換を実行し、アパチャ70においてビーム104をシステム軸102へ戻し、次に、ビームを最終ビーム106に屈曲させ(便宜的に、ウェーハ上の第n番目のサブフィールド像におけるビーム軸を「ウェーハ軸」と呼ぶ)、ビーム104の反対側

で軸102に並行して走らせる。ビームが軸102を横切るポイントは、ビームが種々のサブフィールドの像を造るときビームがそのポイントを通して旋回するので、旋回ポイント(点)と呼ばれる。可変軸界浸レンズ(VAIL)50は、可変軸レンズ40の下半分と連係して、ビーム106をウェーハ224に合焦させ、レチクル・サブフィールドに含まれるパターンの縮小像をウェーハ上に生成する。レンズ50は、特定の形式のVAILであって、ウェーハ224の下透磁性プレート56が、ビームをウェーハ224に合焦させる磁界のための戻り経路を提供するような形態となっている。偏向ヨーク53は偏向ヨーク43および45と同様の機能をするものである。

【0020】一般に、VAILは、ビームを通過させることができる。レチクル204は界浸状態にあるので、レンズ40もまたVAILである。レンズ40は2つの集束機能、すなわち、1つはレチクル204にコリメートされたビームを集束させ、もう1つはレチクル204から現れるビームをコリメートするという2つの機能を実行するので、それは「二重の」VAILと呼ぶことができるし、あるいは、ビームを止めるのではなく次の構成素子に送るので、それを「伝達性」VAILと呼ぶこともできる。

【0021】軸交差は、本発明にいくつかの利点をもたらす。当分野に知識を持つ当業者は、軸シフト・ヨーク43と45によって軸外収差を減少させた場合は、ウェーハ上のサブフィールドを一緒に縫合するように変位を若干修正するだけで、ビーム軸104をウェーハ224までそのまま下げれば十分であると思われるであろう。いかなる構成素子も完全でないので、構成素子の追加は、必ず収差を引き起こす。従って、当分野に知識を持つ当業者は、単一のオフセット軸だけを持ち、デフレクタ66と68のような追加構成素子の使用を避けることを望むであろう。しかしながら、デフレクタ66と68の追加と旋回ポイントを通しての偏向は、2つのレンズ系40と50を互いに効果的に切り離すので、ビームをそれぞれの可変軸上にとどめたまま、各レンズは独立してそれ自身の光軸を持つことができる。

【0022】この独立性の第1の長所は、恣意的に選ばれるある位置で、レンズ・システムの対称軸102上のある固定された旋回ポイントを通して常にビームが進むように操作できるという点である。そのため、各サブフィールド毎に1つずつのアパチャを備え持たなくとも、旋回ポイントに1つの多目的アパチャ70があるだけでよい。もしもビームがシステム軸の同じ側にとどまるとすれば、各サブフィールド毎に1つの開孔を持つアパチャ・プレートが必要とされる。これは、X線マスクに望まれる要求に匹敵する程の、正確度と安定度に関する非常に厳重な要求が、高電力の電子衝撃を連続的に受ける多孔アパチャ・プレートに求められるので、実際的な

い。アパチャ70は、いくつかの目的を持つ：すなわち、(電子分散の尾を切り取ることによって)電子銃源10の像の大きさを制限すること；レチクルで大きく散乱される電子をブロック即ち阻止すること；目標上に像コントラストを作成すること；および、位置整合やその他の修正のためにビーム電流を感知する手段を提供すること、などである。それゆえ、これは、しばしば、多目的アパチャと呼ばれる。

【0023】第2の利点は、(像面湾曲、非点収差、歪みなどの)収差の動的修正のための構成素子を、固定された旋回ポイントのまわりに対称的に置くことができることであり、これにより、ビームが修正構成素子を同心で通り抜けるので、ビームの走査運動から生じる付加的収差は最小にされる。

【0024】対象物(レチクル)がレンズを定める集束磁界の中に浸漬された状態に置かれるので、光学レンズと類似させて、レンズ40は、また、界浸型レンズとも呼ばれる。しかし、界浸は必要でなく、Z軸に沿った物理的な位置と磁界の形状を調整することもできる。レチクルは、図1に示されるように、レンズ40の対称面に正確に置かれる必要はない。レンズ40の下方部分が、レンズ50と連係して、システムの全体的縮小を行うので、レチクルの異なる軸位置は、全システム・パフォーマンスを最適化するように選ぶことができる。例えば、レチクルは上流にかつレンズ40の磁界の外側に置くこともでき、その場合、レンズ40の両方の部分は1つのレンズとして機能する。

【0025】電氣的および機械的走査

露出プロセスは、以下の4つの独立した走査運動の同期を必要とする：

1. レチクル上の電氣的ビーム走査
2. レチクルの機械的走査
3. ウェーハ上の電氣的ビーム走査
4. ウェーハの機械的走査

両方の電氣的走査を修正して、レチクルとウェーハの機械的走査のエラーを修正することができる。

【0026】図1において、ビーム104は例えば図の右から左へX軸方向にレチクル204上を進み(ビーム106は同時にウェーハ224上を左から右へ進み)、一方、レチクルとウェーハは、Y軸方向に(図面の前後方向に)機械的に走査される。機械的運動は、露出のために中断されない。露出期間の運動による像のぼけは、ステージの運動を補償するように露出期間にビームを偏向することによって(ステージ運動のバックギングと呼ばれる)避けられる。図2において、走査の動作が示されている。図2の(A)は、70×140のサブフィールドを持つチップの平面図であり、例示のため(68、69、70)の行のみ示されている。ビームは、X-Z軸に垂直なY軸方向では小さい範囲に、例えば、2、3のサブフィールド行に事実上制限される。連続的に移動す

るステージが使われる時は、それで所望の結果が達成されるので、Y軸方向に大量に電氣的にビームを走査する必要はない。しかし、XとY方向の電氣的走査は、ここで示したものより小さい偏向を持つ偏向システムを使うために機械的「ステップアンドリピート」運動と組み合わせることができる。

【0027】図例を用いての説明のため、レチクルとウェーハがY軸方向に機械的に動かされる間、同時にビームがX軸において5個のサブフィールドの線条上を進む例が示されている。図2の(A)で、ビームのX軸方向へ進む範囲は、符号232の付いた大括弧によって示され、Y軸運動は202と示された矢印によって示される。ウェーハ(およびレチクル)がY軸方向に動くので、ビームも、位置合わせを維持するために、Y軸方向での電氣的掃引を行わなければならない。これは、サブフィールド(1,70)から(5,70)と(5,69)の空間位置を示す図2の(B)において図示されている。

【0028】各サブフィールドは、動くウェーハ上での位置合わせを維持するためY軸に沿って空間的に変位される。例えば、5個のフィールド掃引の終了時点で、サブフィールド(5,70)は1行分変位され、サブフィールド(5,69)はサブフィールド(1,70)が露出時に占めていたのと同じY軸値を持つ。線条232の終了と共に機械的運動は逆方向に動き、ビームは図2の(A)の線条234に沿って進む。好ましくは、走査232の終了時におけるレチクルとウェーハ移動速度の減速の間、ビーム走査速度は、レチクルとウェーハの減速を補うように調節される(次の走査234のはじめにおける加速の間についても同様の調節がなされる)。そのような調節によって、ビームが減速加速の間に消される場合に比較して、走査の終了時点で待機期間が短くなる。

【0029】図4には、描画されたウェーハの拡大部分が示され、そこには、2つの隣接サブフィールド、nとn+1の交差部分が誇張して表されている。共通の境界のエッジに垂直な線は、隅の区域において(サブフィールドがそこで重なるので)接続するが、そのような線は、境界の中央では交わらないという点に注意すべきである。逆に、境界に平行する線は、重なることがあり、重なった領域において短絡するが、一方、そのような平行線は、境界の中心部分では必要以上に分離される。

【0030】20nmの公称整合誤差の場合、接続線の間にギャップが生じないことを保証するため、サブフィールドは、ある程度の距離(例えば50nm)だけ重ね合わせられなければならない。重ね合わせ区域の露出過多は、米国特許出願番号第08/173315号に教示される技法の使用、または、対応する線分の三角形の先端の使用によって、避けることが可能である。公称の重ね合わせ長さを持つ相補的な三角形の先端は、サブフィ

ールドの境界における線分の端点に形成される。妥当な角度は45度であるが、当業者なら、環境に合わせて異なる角度を容易に選択できるであろう。

【0031】レチクルのタイプ

本発明のシステムは、種々のタイプのレチクル、すなわち、上記参考文献でBerger氏が記述するステンシル・レチクルも、上記参考文献でBohlen氏が記述する”従来型の”散乱レチクルも、ともに、使用することができる。

【0032】ステンシル・レチクルでは、ビームは開放アパチャを通過し、「不透明な」部分で完全に吸収される。この場合、多目的アパチャ70のコントラスト向上機能は必要とされないし、また、ブロック用プレートは、このプレートのその他の機能が必要とされないかまたは別の場所で実行されることができれば、取り除くこともできる。ステンシル・レチクルと散乱レチクルは、2つの極端なレチクル設計を代表している。前者は、レチクルに対する熱負荷に関する問題で苦しむ。後者は、レチクルの「透明」区域(時に「通過」区域と呼ばれる)においてさえコントラスト・アパチャでの電流の相当な損失に苦しむ。

【0033】図5は、本発明とともに使用しうるレチクルの断面図である。層510は、レチクルの主要材料であり、図例ではシリコンである。層510の厚さは、100KeV電子の大部分(例えば90%)がコントラスト・アパチャによって散乱されインターセプトされるのに十分となるように、設定される。シリコンでは、その厚さは、約1.0 μ mである。支柱520と522は、図示されたサブフィールドをそれらの間に含むように設けられている。これら2つの支柱は、502の符号のついた矢印によって示される公称距離だけ離される。サブフィールドの公称有用寸法は、504と付けられた矢印によって示され、この例では1mmである。支柱520は、約0.2mmの公称幅を持つ。支柱は、選択的後方エッチングなどの従来のエッチング技術によって作製できる。アパチャ516は、ここでは個別の接続区域として単純化して表わされているが、アパチャは層510の開孔部である。

【0034】上記のようなレチクルは、全体の散乱が少ない(開孔部ではゼロ)という点で「差分的」散乱レチクルよりも有利である。したがって、コントラスト・アパチャにおける電流の損失は大幅に減少する。電子がアパチャ70を通過する経路付近で散乱されることによって生じる電子の背景強度が、ウェーハ上に常に存在する。ブロック区域の厚さは、使用レジスト工程のコントラストに適した程度にこの区域を通る電子の除去率(レチクル厚さを増やすことで増加する)を与えるように選択される。

【0035】調整とエラー補正

本発明の1つの利点は、投射技術と探針形成システムの特徴を組み合わせることによって、各サブフィールドが、

レンズ収差、熱歪み、機械的移動上のエラー等に関し動的に補正できることである。システムは、各サブフィールドに対する収差の点で、また、動作の間ビームによって与えられる熱による影響に対し、最初に調整される。システムが各サブフィールドを処理するとき、補正因子が、レンズ、デフレクタおよびその他の(4極、6極、8極レンズ等のような)補正素子に適用される。

【0036】加えて、ウェーハ上の対応する位置決めマークと突き合わせられるべき調整用パターンを含むチップの周囲に、電子パルスを向かわせることによって閉ループ形態でシステムを使うことができる。位置決めの正確度は、位置決めマークから散乱された電子を検出することによってチェックされ、適切な修正が、デフレクタや他の補正エレメントに適用される。

【0037】代替実施例

図3の(A)、(B)および(C)において、本発明の3つの代替の実施例が示されている。実線103、103'および103''は、オブジェクト(照射アパチャ20とレチクル204)の結像線軌跡を表し、破線101、101'および101''は、ビーム源10の結像線軌跡を表す。軸シフトは、明示のため、図面で示されていない。

【0038】オブジェクト(照射アパチャとレチクル)とビーム源の像は、それぞれの線が収束する所で発生する。図3の(A)で、レンズ6は、レンズ40にとって適切な位置にビーム源10の中間像を形成し、アパチャ70上にもう一つの像を形成する。このレンズは、任意選択のもので、構成素子の位置と焦点距離に対する制約の付加という代償はあるもののビーム源からの電子の一層の効率的利用を提供する。この任意選択機能が使われる場合、照射アパチャとビーム源は共役でない。

【0039】レンズ8は、照射アパチャ20の像を、VALレンズ40の電磁界から外れるように図1の実施例の位置から上流に移されたレチクル204上に、形成する。このシフトは、レチクルや支持体の動きによって起こる渦電流に伴う問題を排除する。それはまた、レチクルとそのステージに関する物理的環境の制約を少なくする。この制約減少は、最大のスループットを得るためにステージを迅速に移動させる必要性という観点から非常に重要である。更に、レチクルの磁気的環境は、収差を最小にするため慎重に整えられなければならない。すなわち、レチクルがレンズの電磁界に置かれていると、その電磁界の大きさが集束条件によって定められそのために固定されるため、上記必要なレチクルの環境を整えることができない。

【0040】VALレンズ40の機能は、アパチャ70上にビーム源10の像を形成し、また、VALレンズ50と連係して、レチクル204の像をウェーハ上に形成することである。VAL40はビーム103の線をコリメートすると共に、ビーム101の線を集束して、アパ

チャ70上に電子源の像を形成するので、このレンズは、コリメータ/コンデンサ・レンズと呼ばれる。素子66と68の間の空間において、ビーム103は平行線となり、ビーム101は集束線となる。図の記号・線図表示は、概念を表して、電子の空間分布を表すものではない。ビームがサブフィールドの大きさに見合うものであるため、図3の(A)から推量できるように、ビームは、ヨークの内径の範囲内の空間を充足しきれない。「オブジェクトからの電子ビームをコリメートする」という用語とその変形語は、オブジェクトの像平面が無限遠にあるという光学用語と同義である。

【0041】素子66と68の間においては、第n番目のサブフィールドの像平面は無限遠にあり、ビーム源10の像平面は、(アパチャ70の面で)有限距離にある。ビーム103が平行線として示されているという事実は、すべての電子が軸102に並行に進むということを意味しない。VAL40は、軸シフト・ヨーク43と45と共に図式的に示されている。主コイルと極片は、光学レンズの表示に類似させて、ヨークを囲む曲線によって象徴的に表わされている。

【0042】図3の(B)において、レンズ6は上記のように作用し、一方、レンズ8は照射アパチャ20からの線をコリメートする。レンズ40の左側は、レンズ8が図3の(A)の実施例で行ったように、レチクル204上にアパチャ20の像を形成し、また、ビーム101'をコリメートする。レンズの右側は、アパチャ70上にビーム源10の像を形成し、また、レチクル204からの線をコリメートする。このレンズは、2つの焦点面がZ軸に沿った異なる位置に存在する二重焦点テレセントリック・モードで動作するので、「二重」VALと呼ばれる。左と右の部分の「焦点距離」は、同じである必要はなく、また、レチクルは、レンズ40の中心に位置する必要はない。

【0043】レンズ40の磁界は、レチクル204の位置にアパチャ20の像を生成するに十分な強さであり、また、同時にビーム源10の像をアパチャ70へ形成している。レチクルはレンズ電磁界の頂点に位置する。

【0044】図3の(C)は、2つのレンズ41と42との間に1つの焦点を持つ、VALダブレット(「二重VAL」)を示している。このダブレットは、必ずしも対称型である必要はなく、設計の代替策の一部として焦点面の位置を調節することが要求される場合、非対称構成の方が便利なることもある。レンズ41と42の極性は、レチクル204の近傍に電磁界無の区域を生成するように対向して配置することができる。電子は、磁力線の周囲で螺旋を描くので、像は、電磁界強度と像平面に対するZ軸方向の距離とに依存する大きさだけ、回転させられる。

【0045】レチクルとウェーハの間のすべての電磁界の軸方向成分の総和は、レチクル・サブフィールドに関

してサブフィールド像の回転を相殺するため、ゼロでなければならない。もちろん、ゼロからのいくらかのずれは、システムの誤差の耐性に依りて許容され得る。

【0046】サブフィールドのエッジをステージの走査方向とビーム偏向とに位置合わせさせるために行われる90度の整数倍の像回転もまた許容され得る。VAILの使用によって充たされることであるが、第2の必要条件は、目標へのビーム入射が目標に垂直になることである。

【0047】3番目の必要条件は、結像線軌跡における収差の補正/最小化である。これを達成するためには、レチクルにおける電磁界は、最適の照射となるよう調節されなければならない。

【0048】図3の(A)で示される構成に対する

(B)および(C)の構成の利点は、アパチャ20の像を一層厳格に制御でき、その結果、ビーム走査領域全体にわたってレチクルを一層よく照射できる点である。図3の(B)に対する(C)の利点は、レチクルにおける電磁界を調節できる点である。しかし、図3の(B)の構成は、(C)より複雑でない(ヨークの数が少ない)。上記本発明の実施例のいずれが、または、それから派生する実施手段のいずれが、最終的に好ましいものであるかは、全体システム構成、動作および性能の要件におけるエンジニアリング上のトレードオフに依存する。

【0049】修正素子

(軸102上の)非偏向サブフィールドの非点収差、歪みを修正するため、像面湾曲を修正するため、および、(軸102上の)偏向されたサブフィールドの潜在的歪み変化を修正するため、修正素子が必要とされる。

【0050】さらに、空間電荷発散の補正が、リアルタイムで実行されることもある。この補正は、サブフィールドのパターン依存平均透明度とともに変化する。異なる修正が各サブフィールドに関し適用できることは、本発明の特長である。

【0051】修正動作は、まず、図1の修正データ記憶装置110に記憶される一組の修正データを生成することから始まる。この装置は、ディスク駆動機構、ランダム・アクセス・メモリまたは他の都合の良い形式の記憶装置である。

【0052】IBM社製のPS/2(IBM社の登録商標)のような汎用コンピュータであるコントローラ100は、適切な補正因子を選択し、図1において符号80を付けられたボックスによって示される修正素子にそれら修正因子を適用する。(信頼できるマッピングによる)空間電荷による焦点外れの露出前修正は、各サブフィールド露出期間の開始時におけるアパチャ電流測定に基づいて各サブフィールドに対するリアルタイム修正を行うことに代わる代替策である。電子光学教科書に記述されているような少なくとも一対の4極電磁石レンズか

らなる「軸対称補償レンズ(stigmators)」のような従来技術の修正素子が、非点収差補正のために使われる。

【0053】6極電磁石レンズのようなより高い次数の多重極も、サブフィールドの歪みの補正のために使うことができる。この場合、1つの6極電磁石レンズと少なくとも2つの4極電磁石レンズとを組み合わせ使用することができる。従来技術の磁気レンズが、像面湾曲を補正するために使われる。

【0054】好ましくは、修正素子は、レチクルとウェーハの間のビーム源の像平面で、多目的アパチャ70の面と一致する面に、配置される。空間電荷によって引き起こされるビーム焦点外れのリアルタイム修正は、次に述べる通り適用される。多目的アパチャ70を含むプレート72が、インターセプトされるビーム電流を測定するセンサ・プレートとして設計される。この電流は、レチクル透明度に逆比例して変わり、ウェーハにおける各サブフィールドのビーム電流の測定を行う。電子ビーム内の空間電荷反発作用によって、サブフィールドの焦点外れは、レチクル・サブフィールドを通過するウェーハ・ビーム電流の作用としてウェーハで発生する。

【0055】この焦点外れは、多目的アパチャ70の付近でのビーム電流測定に従って駆動される自動集束(磁氣的または静電的)レンズによって、補正することができる。この測定は、露出される像の目立ったぼけを引き起こすことなく、サブフィールドの短い初期の露出期間に(サブフィールド露出時間の約1%の期間に)空間電荷焦点外れを補正するリアルタイム焦点サーボによって実行される。アパチャ70のサイズは上述のように種々の目的を達成するように設定され、空間電荷効果によるアパチャにおけるビームの拡張は、非常に小さいため、空間電荷の効果の直接の測定は、実際的でない。代わりに、散乱ビーム電流と空間電荷の間の逆関係を利用して、散乱ビームが判別手段として使われる。

【0056】図6を参照して動作を述べると、(図1のコントローラ100の一部である)コントローラ100'内にあって、アパチャの付近に配置される検出器が、電子パルスの初期期間に(例えば1μsの間に)、散乱ビーム電流の電荷量を検出する。コントローラ100'は、修正レンズ240のための対応ビーム集束調整電流に関連づけられるセンサ・プレート72からのデータを表す記憶された一組の参照番号を、データ・バンク110から事前に受け取る。計測されたデータと記憶されたデータとの間の比較が、当業者に良く知られた適切な方法で(例えば、汎用計算機の直列比較や、専用回路の並列比較等の比較手段で)行われる。

【0057】次いで、適切な修正が、図でプレート72の下流に置かれた、または、その他適切な位置に置かれた修正レンズ240に加えられる。図6では、修正レンズ240はプレート72とウェーハの間に配置されるものとしている。これは「開ループ」修正であって、修正

の効果はモニタされない。米国特許第3,894,271号,第4,000,440号および第4,423,305号に記載されているように、種々のアパチャの中心に電子ビームを置く閉ループ・ビーム配置サーボと組み合わせて、アパチャ70の電流検知機能を利用することもできる。

【0058】レチクル事前歪み付与

システム歪みが既知で不変である場合は、システムの偏向歪みを補償するため、レチクルのパターンを、反対方向に事前に歪ませることができる。例えば、光学システムにおける残留バレル歪みの場合、レチクルは、サブフィールド毎に変わる適切な大きさの糸巻き形に歪められる。しかし、対称または多項次数に関する許容可能な歪みに対しては厳しい制約を課すべきではないであろう。1つのサブフィールド内での非線形歪みさえ扱うことができるであろう。ビーム照射下のマスクの反復的な熱歪みは、修正することができ、また、大域的熱歪みに対する要求も減少する。

【0059】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

(1) レチクルのパターンをウェーハに描画するための電子ビーム・システムであって、電子ビーム源と、システム軸に沿いつつ照射アパチャを通して電子ビームを加速する手段と、第1の焦点距離を持ち、上記システム軸に沿って配置され、第1の磁気的対称軸を持ち、上記照射アパチャから出る上記電子ビームに作用を与えるため上記電子ビームをインターセプトする第1の磁気的集束手段と、上記第1の磁気的集束手段とレチクルの間に上記システム軸に沿って配置され、上記電子ビームが上記システム軸に平行なレチクル軸に沿って進み、上記レチクルの第n番目のサブフィールドと交差するように、上記電子ビームを変位させる第1と第2の偏向手段と、第2の焦点距離を持ち、上記第1の磁気的集束手段と上記レチクルとの間で上記システム軸に沿って配置され、第2の磁気的対称軸を持ち、上記電子ビームをインターセプトする第2の磁気的集束手段の第1の部分と、を備え持ち、上記第1の磁気的集束手段と上記第2の磁気的集束手段の第1の部分が連係して上記変位された電子ビームを集束させて、上記照射アパチャの像を上記レチクル上に形成し、上記照射アパチャの上記像が、サブフィールド分離距離だけ互いに離れて位置する上記レチクルの複数の非連続的サブフィールドの第n番目のレチクル・サブフィールドを含み、上記第n番目のサブフィールドが、上記レチクル軸をインターセプトし、少なくとも10⁴個のピクセルを含み、それによって、上記第n番目のサブフィールドの上記ピクセルのすべてが、同時に上記ビームにさらされ、上記第2の磁気的集束手段が、上記サブフィールドからの上記電子ビームに作用を与えるため上記レチクルと上記ウェーハの間で上記システム軸に沿って配置された第2の部分とを有し、更に、上記システム軸に沿って配置され、上記レチクル軸に沿って進

む第2の磁気的集束手段からの上記電子ビームをインターセプトして、上記システム軸の方向にかつ上記システム軸上の旋回点を通して上記電子ビームを偏向させる第3の偏向手段と、上記システム軸に沿って配置され、上記電子ビームをインターセプトして、上記システム軸に平行なウェーハ軸方向へかつ上記レチクル軸から見てシステム軸上の反対側に、上記第3の偏向手段からの上記電子ビームを偏向させる第4の偏向手段と、上記システム軸に沿って配置され、第3の磁気的対称軸を持ち、上記第4の偏向手段からの上記電子ビームをインターセプトする第3の磁気的集束手段と、を備え持ち、上記第3の磁気的集束手段が、上記第2の磁気的集束手段の上記第2の部分と連係して、上記電子ビームによって運ばれる上記レチクル・サブフィールドの像を、ウェーハ上の複数のN個の連続的ウェーハ・サブフィールドの中の対応する第n番目のウェーハ・サブフィールド上に合焦させ、上記第2と第3の磁気的集束手段の各々が、上記磁気的集束手段の磁界が上記レチクル軸と上記ウェーハ軸とに実質的に平行でかつ対称的になるように、上記磁気的集束手段の磁界を変換するための磁気的軸シフト手段を含み、それにより、上記第2の磁気的対称軸が上記レチクル軸と一致し、上記第3の磁気的対称軸が上記ウェーハ軸と一致し、更に、上記電子ビーム源と上記第2の磁気的集束手段と上記第3の磁気的集束手段とに接続され、電子ビームの持続時間と、上記第1、第2、第3および第4のビーム偏向手段と、上記第2および第3の磁気的集束手段ならびに上記磁気的軸シフト手段の磁界とを制御するコントローラ、を備え持つ電子ビーム・システム。

(2) 上記旋回点を含むアパチャを有するブロック・プレートが上記システム軸上に配置され、軸外電子が上記ブロック・プレートによって阻止されることを特徴とする、上記(1)に記載のシステム。

(3) 少なくとも1つの修正素子が、上記旋回点の付近に配置されることを特徴とする、上記(2)に記載のシステム。

(4) 上記少なくとも1つの修正素子が、少なくとも2つの4極電磁石と1つの6極電磁石を含むことを特徴とする、上記(3)に記載のシステム。

(5) 上記第2と第3の磁気的集束手段が、連係して、上記レチクルと上記ウェーハの間のビーム経路に沿った軸方向磁界成分の総和が実質的にゼロであるような大きさと極性を持った、上記システム軸に平行な軸方向磁界成分を生成することを特徴とする、上記(1)に記載のシステム。

(6) 上記旋回点を含むアパチャを有するブロック・プレートが上記システム軸上に配置され、軸外電子が上記ブロック・プレートによって阻止されることを特徴とする、上記(5)に記載のシステム。

(7) 少なくとも1つの修正素子が、上記旋回点の付近に

配置されることを特徴とする、上記(6)に記載のシステム。

(8) 上記少なくとも1つの修正素子が、多極電磁石を含むことを特徴とする、上記(7)に記載のシステム。

(9) 上記レチクルと上記ウェーハの間で上記システム軸に沿って配置されたブロック・プレート中に、上記システム軸と整列してアパチャが形成され、少なくとも1つの検出器が上記アパチャの付近に配置され、初期ビーム・パルスの上に上記少なくとも1つの検出器によって検知される電荷量にตอบสนองして、上記システム軸に沿って配置されたビーム修正手段に、上記電荷量に応じた修正信号を送り、上記修正信号に応じて上記ビームを変える信号比較手段を含むことを特徴とする、上記(1)に記載のシステム。

(10) 上記少なくとも1つの検出器が、上記ブロック・プレートを含み、上記ビーム修正手段が、上記修正信号にตอบสนองするビーム集束修正手段を含むことを特徴とする、上記(9)に記載のシステム。

(11) 上記レチクルと上記ウェーハの間で上記システム軸に沿って配置されたブロック・プレート中に、上記システム軸と整列してアパチャが形成され、少なくとも1つの検出器が上記アパチャの付近に配置され、初期ビーム・パルスの間に上記少なくとも1つの検出器によって検知される電荷量にตอบสนองして、上記システム軸に沿って配置されたビーム修正手段に、上記電荷量に応じた修正信号を送り、上記修正信号に応じて上記ビームを変える信号比較手段を含むことを特徴とする、上記(1)に記載のシステム。

(12) レチクルのパターンをウェーハに描画するための電子ビーム・システムであって、電子ビーム源と、システム軸に沿いかつ照射アパチャを通して電子ビームを加速する手段と、第1の焦点距離を持ち、上記システム軸に沿って配置され、第1の磁気的対称軸を持ち、上記照射アパチャの像をレチクル上に形成するように上記電子ビームを集束させるため上記電子ビームをインターセプトする第1の磁気的集束手段と、を備え持ち、上記照射アパチャの上記像が、サブフィールド分離距離だけ互いに離れて位置する上記レチクルの複数の非連続的サブフィールドの第n番目のレチクル・サブフィールドを含み、上記第n番目のサブフィールドが、上記レチクル軸をインターセプトし、少なくとも10'個のピクセルを含み、それによって、上記第n番目のサブフィールドの上記ピクセルのすべてが、同時に上記ビームにさらされるように構成され、更に、上記第1の磁気的集束手段と上記レチクルの間に上記システム軸に沿って配置され、上記電子ビームが上記システム軸に平行なレチクル軸に沿って進み、上記レチクルの第n番目のサブフィールドと交差するように、上記電子ビームを変位させる第1と第2の偏向手段と、第2の焦点距離を持ち、上記システム軸に沿って配置され、第2の磁気的対称軸を持ち、上記

サブフィールドからの上記電子ビームをインターセプトする第2の磁気的集束手段と、上記システム軸に沿って配置され、上記レチクル軸に沿って進む上記電子ビームをインターセプトして、上記システム軸の方向にかつ上記システム軸上の旋回点を通して上記電子ビームを偏向させる第3の偏向手段と、上記システム軸に沿って配置され、上記電子ビームをインターセプトして、上記システム軸に平行なウェーハ軸方向へかつ上記レチクル軸から見て上記システム軸上の反対側に、上記電子ビームを偏向させる第4の偏向手段と、第3の焦点距離を持ち、上記システム軸に沿って配置され、第3の磁気的対称軸を持ち、上記電子ビームをインターセプトして、上記電子ビームによって運ばれる上記レチクル・サブフィールドの像を、ウェーハ上の複数のN個の連続的ウェーハ・サブフィールドの中の対応する第n番目のウェーハ・サブフィールド上に合焦させる第3の磁気的集束手段と、を備え持ち、上記第2と第3の磁気的集束手段の各々が、上記磁気的集束手段の磁界が上記レチクル軸と上記ウェーハ軸とに実質的に平行でかつ対称的になるように、上記磁気的集束手段の磁界を変換するための磁気的軸シフト手段を含み、それにより、上記第2の磁気的対称軸が上記レチクル軸と一致し、上記第3の磁気的対称軸が上記ウェーハ軸と一致し、更に、上記電子ビーム源と上記第2の磁気的集束手段と上記第3の磁気的集束手段とに接続され、電子ビームの持続時間と、上記第1、第2、第3および第4のビーム偏向手段と、上記第2および第3の磁気的集束手段ならびに上記磁気的軸シフト手段の磁界とを制御するコントローラ、を備え持つ電子ビーム・システム。

(13) 上記旋回点を含むアパチャを有するブロック・プレートが上記システム軸上に配置され、軸外電子が上記ブロック・プレートによって阻止されることを特徴とする、上記(12)に記載のシステム。

(14) 少なくとも1つの修正素子が、上記旋回点の付近に配置されることを特徴とする、上記(13)に記載のシステム。

(15) 上記少なくとも1つの修正素子が、多極電磁石を含むことを特徴とする、上記(14)に記載のシステム。

(16) 少なくとも1つの修正素子が、上記旋回点の付近に配置され、上記レチクルが、そのブロック部分に入射する電子を吸収するに十分な厚みを持ったステンシル・レチクルであることを特徴とする、上記(12)に記載のシステム。

(17) 上記少なくとも1つの修正素子が、多極電磁石を含むことを特徴とする、上記(16)に記載のシステム。

(18) 上記レチクルと上記ウェーハの間で上記システム軸に沿って配置されたブロック・プレート中に、上記システム軸と整列してアパチャが形成され、少なくとも1

つの検出器が上記アパチャの付近に配置され、初期ビーム・パルス間に上記少なくとも1つの検出器によって検知される電荷量にตอบสนองして、上記システム軸に沿って配置されたビーム修正手段に、上記電荷量に応じた修正信号を送り、上記修正信号に応じて上記ビームを変える信号比較手段を含むことを特徴とする、上記(12)に記載のシステム。

(19) 上記少なくとも1つの検出器が、上記ブロック・プレートを含み、上記ビーム修正手段が、上記修正信号にตอบสนองするビーム集束修正手段を含むことを特徴とする、上記(18)に記載のシステム。

(20) レチクルのパターンをウェーハに描画するための電子ビーム・システムであって、電子ビーム源と、システム軸に沿いつつ照射アパチャを通して電子ビームを加速する手段と、第1の焦点距離を持ち、上記システム軸に沿って配置され、第1の磁気的対称軸を持ち、上記照射アパチャから出る上記電子ビームに作用を与えるため上記電子ビームをインターセプトする第1の磁気的集束手段と、上記電子ビームが上記システム軸に平行なレチクル軸に沿って進み、上記レチクルの第n番目のサブフィールドと交差するように、上記電子ビームを変位させる第1と第2の偏向手段と、第2の焦点距離を持ち、VALからなり、上記第1の磁気的集束手段と上記レチクルとの間で上記システム軸に沿って配置され、第2の磁気的対称軸を持ち、上記第2の偏向手段からの上記電子ビームをインターセプトする第2の磁気的集束手段と、を備え持ち、上記第1の磁気的集束手段と上記第2の磁気的集束手段が連係して上記変位された電子ビームを集束させて、上記照射アパチャの像を上記レチクル上に形成し、上記照射アパチャの上記像が、サブフィールド分離距離だけ互いに離れて位置する上記レチクルの複数の非連続的サブフィールドの第n番目のレチクル・サブフィールドを含み、上記第n番目のサブフィールドが、上記レチクル軸をインターセプトし、少なくとも10個のピクセルを含み、それによって、上記第n番目のサブフィールドの上記ピクセルのすべてが、同時に上記ビームにさらされ、更に、VALからなり、第3の焦点距離を持ち、上記レチクルと上記ウェーハの間で上記システム軸に沿って配置され、第3の磁気的対称軸を持ち、上記レチクルからの上記電子ビームをインターセプトして上記電子ビームに作用を与える第3の磁気的集束手段と、上記システム軸に沿って配置され、上記レチクル軸に沿って進む上記電子ビームをインターセプトして、上記システム軸の方向にかつ上記システム軸上の旋回点を通して上記電子ビームを偏向させる第3の偏向手段と、上記システム軸に沿って配置され、上記電子ビームをインターセプトして、上記システム軸に平行なウェーハ軸方向へかつ上記レチクル軸から見てシステム軸上の反対側に、上記電子ビームを偏向させる第4の偏向手段と、上記システム軸に沿って配置され、第4の磁気的

対称軸を持ち、上記電子ビームをインターセプトして、上記電子ビームによって運ばれる上記レチクル・サブフィールドの像を、ウェーハ上の複数のN個の連続的ウェーハ・サブフィールドの中の対応する第n番目のウェーハ・サブフィールド上に合焦させる第4の磁気的集束手段と、を備え持ち、上記第2と第3と第4の磁気的集束手段の各々が、上記磁気的集束手段の磁界が上記レチクル軸と上記ウェーハ軸とに平行でかつ対称的になるように、上記磁気的集束手段の磁界を変換するための磁気的軸シフト手段を含み、それにより、上記第2の磁気的対称軸が上記レチクル軸と一致し、上記第4の磁気的対称軸が上記ウェーハ軸と一致し、更に、上記電子ビーム源と上記第2の磁気的集束手段と上記第3の磁気的集束手段と上記第4の磁気的集束手段とに接続され、電子ビームの持続時間と、上記第1、第2、第3および第4のビーム偏向手段と、上記第2および第3の磁気的集束手段ならびに上記磁気的軸シフト手段の磁界とを制御するコントローラ、を備え持つ電子ビーム・システム。

(21) 上記旋回点を含むアパチャを有するブロック・プレートが上記システム軸上に配置され、軸外電子が上記ブロック・プレートによって阻止されることを特徴とする、上記(20)に記載のシステム。

(22) 少なくとも1つの修正素子が、上記旋回点の付近に配置されることを特徴とする、上記(20)に記載のシステム。

(23) 上記少なくとも1つの修正素子が、多極電磁石を含むことを特徴とする、上記(22)に記載のシステム。

(24) 少なくとも1つの修正素子が、上記旋回点の付近に配置され、上記レチクルが、そのブロック部分に入射する電子を吸収するに十分な厚みを持ったステンシル・レチクルであることを特徴とする、上記(20)に記載のシステム。

(25) 上記レチクルと上記ウェーハの間で上記システム軸に沿って配置されたブロック・プレート中に、上記システム軸と整列してアパチャが形成され、少なくとも1つの検出器が上記アパチャの付近に配置され、初期ビーム・パルス間に上記少なくとも1つの検出器によって検知される電荷量にตอบสนองして、上記システム軸に沿って配置されたビーム修正手段に、上記電荷量に応じた修正信号を送り、上記修正信号に応じて上記ビームを変える信号比較手段を含むことを特徴とする、上記(20)に記載のシステム。

【0060】以上本発明が好ましい実施例を参照の上個々に示され説明されたとはいえ、本発明の精神と範囲を逸脱することなく形態と詳細において本発明の種々の変更が可能である点は、当業者によって理解されることであろう。

【0061】

【発明の効果】本発明によれば、高いスループットを実

現し且つ収差を容易に減じることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施例を示す図である。

【図 2】 走査順序を図解するレチクルの平面図である。

【図 3】 構成素子配置と対応するビーム軌跡によって特徴づけられる様々な本発明の実施例を示す図である。

【図 4】 ウェーハ上の隣接サブフィールドの拡大図である。

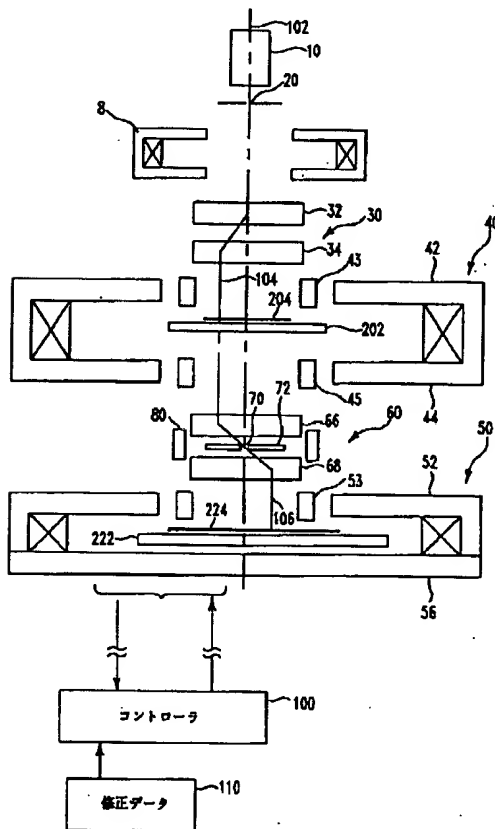
【図 5】 本発明の使用に適切なレチクルの横断面図である。

【図 6】 空間電荷修正のための動的集束修正を持つ本発明の実施例の部分を示す図である。

【符号の説明】

- 6、8 磁気レンズ
- 10 電子銃源
- 20 照射アパチャ
- 32、34 偏向手段
- 40、50 可変軸レンズ
- 42、44 極片
- 43、45 偏向ヨーク
- 56 透磁性プレート
- 66、68 デフレクタ（または、修正エレメント）

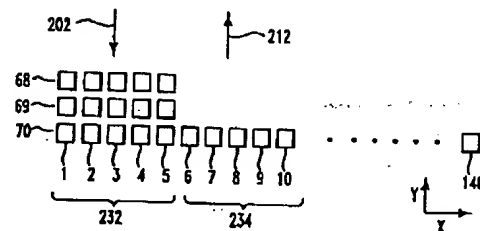
【図 1】



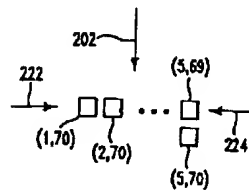
- 70 コントラスト・アパチャ
- 72 センサ・プレート
- 80 修正素子
- 100、100' コントローラ
- 101、101'、101'' 電子ビーム源の結像線軌跡
- 102 システム軸
- 103、103'、103'' オブジェクトの結像線軌跡
- 10 104 第2のビーム軸
- 106 最終ビーム
- 110、110' 修正データ記憶装置
- 202 Y軸運動
- 204 レチクル
- 224 ウェーハ
- 232、234 サブフィールドの線条
- 240 修正レンズ
- 502 公称距離
- 504 公称有用寸法
- 20 510 層
- 516 アパチャ
- 520、522 支柱

【図 2】

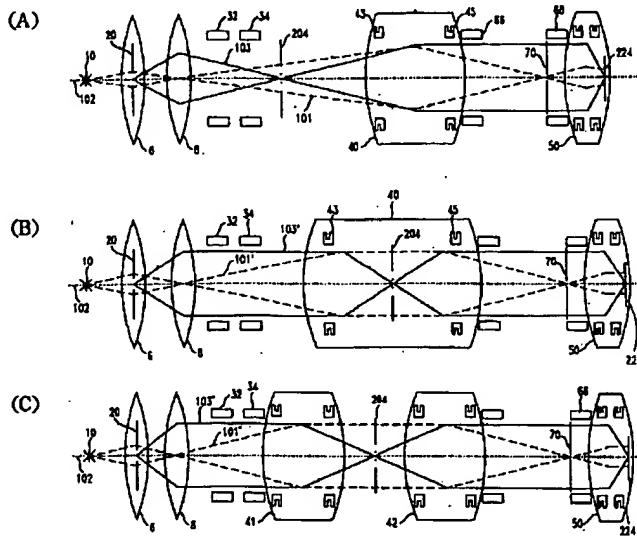
(A)



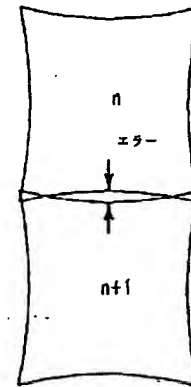
(B)



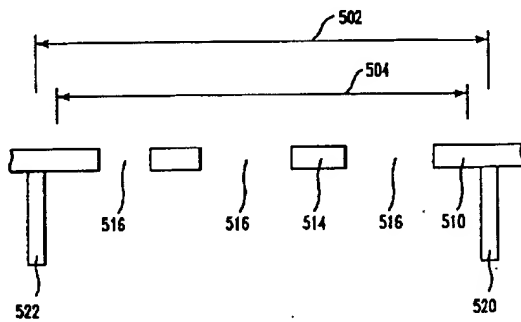
【図 3】



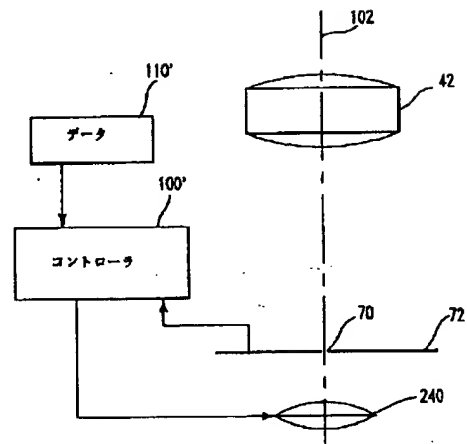
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 ワーナー・スティッケル
 アメリカ合衆国06877コネチカット州リッ
 ジフィールド、スカイ・トップ・ロード
 51